

грамму и музыкальную композицию отчетливо слышно без использования дополнительных средств. Перехваченная фонограмма и музыкальная композиция имели «металлический» оттенок звучания. Во время экспериментов на реальном объекте (оконном стекле) качество перехваченной фонограммы разговора было значительно хуже.

Результаты экспериментов второго и третьего этапов показали, что установку, реализующую исследуемый метод перехвата речевой информации, можно использовать не только как средство технической разведки по оптоэлектронному каналу утечки речевой информации, но и как средство измерения информативных параметров вибраций, таких как виброперемещение, виброскорость и виброускорение. По итогам проведенных экспериментов разработана методика проведения измерений информативных параметров вибраций, но в рамках данной статьи методика и полученные результаты не рассматриваются.

Библиографические ссылки

1. Хорев А. А. Технические каналы утечки акустической (речевой) информации // Специальная техника. 2009. № 5. С. 12.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

А. В. Мартьянова

(Екатеринбург, УрФУ, kurzinaav@gmail.com)

Приведен сравнительный анализ градиентных методов с применением агрегационных операторов. Представлены результаты обработки изображения данными методами.

Введение

Методы выделения границ для распознавания лиц являются актуальным предметом исследования и находят свое применение в большом количестве систем распознавания лиц (ASID, FaceID,

Trueface, Vissage Gallery, FaceIt и др.). Выделение границ для распознавания лиц требуется для локализации персоны по лицу.

Существует ряд негативных факторов, затрудняющих успешное выделение границ при распознавании лиц: во-первых, низкое качество изображения: расфокусировка, шум, недостаточная контрастность; во-вторых, специфичные для решения данной задачи помехи, эмоциональные искажения, поворот головы, тени на лице, погодные условия съемки т. п. Таким образом, возникает проблема оценки качества методов выделения границ и выявления эффективных, устойчивых к условиям съемки и качеству имеющегося изображения.

Исследования градиентных методов выделения границ

Важнейшей целью цифровой обработки изображений является распознавание присутствующих на них объектов. Возможность различать объекты заложена в высокой информативности изображения [2]. Градиентные методы основаны на выделении краевых точек и малочувствительны к шумам и контрастности изображения, но требуют применения алгоритма объединения граничных точек, что не гарантирует замкнутости контуров.

Данные методы основываются на свойстве сигнала яркости – разрывности. Эффективным способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски – пространственной фильтрации.

В ходе данной фильтрации маска фильтра перемещается от пикселя к пикселю. В каждой точке (x, y) отклик фильтра вычисляется с использованием предварительно заданных связей. В случае линейной пространственной фильтрации маской размера 3×3 отклик R линейной фильтрации в точке (x, y) изображения составит

$$R = w(-1, -1)f(x-1, y-1) + w(-1, 0)f(x-1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x+1, y) + w(1, 1)f(x+1, y+1). \quad (1)$$

Для обнаружения перепадов яркости используются дискретные аналоги производных первого и второго порядков.

Первая и вторая производная одномерной функции¹ $f(x)$ определяются как представлено в формулах (2) и (3).

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x). \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x). \quad (3)$$

По определению градиент изображения $f(x, y)$ в точке (x, y) – это вектор

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Рассмотренные ниже маски применяются для получения составляющих градиента G_x и G_y . Для определения величины градиента эти составляющие необходимо использовать совместно:

$$f = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad (5)$$

В качестве масок для определения составляющих градиента используются операторы Робертса, Превитта, Собеля и Щарра окрестностью 3×3 (рис. 1–2).

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Рис. 1. Окрестность 3×3 внутри изображения

Для решения вопроса инвариантности в отношении поворота используются так называемые диагональные маски, предназначенные для обнаружения разрывов в диагональных направлениях (рис. 3–5).

¹ Для простоты изложения рассмотрены одномерные производные.

0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	0	1
0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1	-1	0	1
<i>a</i>						<i>б</i>					
-1	-2	-1	-1	0	1	-3	-10	-3	-3	0	3
0	0	0	-2	0	2	0	0	0	-10	0	10
1	2	1	-1	0	1	3	10	3	-3	0	3
<i>в</i>						<i>г</i>					

Рис. 2. Операторы:
a – Робертса; *б* – Превитта; *в* – Собеля; *г* – Щарра [3]

0	1	1	-1	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	0	1	1

Рис. 3. Диагональные маски Превитта

0	1	2	-2	-1	0
-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	0	0	1	2

Рис. 4. Диагональные маски Собеля

0	3	10	-10	-3	0
-3	0	3	-3	0	3
-10	-3	0	0	3	10

Рис. 5. Диагональные маски Щарра

Для каждой из описанных выше масок характерны свои особенности. Пример обработки изображения представлен в таблице. При исследованиях использовались программные реализации каждого из приведенных методов, которые показали свою надежность и правильность на протяжении большого количества времени. Тестовое изображение было выбрано случайным образом (рис. 6).



Рис. 6. Тестовое изображение

**Результаты работы градиентных методов
выделения границ**

Оператор	Изображение	Результат
Оператор Робертса		Данный оператор дает сравнительно тонкие контурные линии, слабо прослеживаются черты лица. Малоэффективен при решении поставленной задачи
Оператор Превитта		Позволяет определить контур лица, причёски, глаз и рта, несколько проблематично определение контура носа. Эффективен при решении поставленной задачи

Оператор	Изображение	Результат
Оператор Собеля		Позволяет определить контур всех черт лица, также прослеживается текстура волос. Эффективен при решении поставленной задачи
Оператор Щарра		Выделяет излишнее количество границ, сливающихся между собой. Малоэффективен в решении поставленной задачи

Выводы

Применение рассмотренных операторов в задаче выделения границ позволяет выделить границы. Оператор Робертса выделяет минимальное количество границ. Высокоядерный оператор Щарра выделяет излишне большое количество границ. Операторы Превитта и Собеля лучше остальных определяют границы лица, явно выражены глаза, нос и рот.

Рассмотренные методы применяются в различных прикладных задачах. Обработка черт лица имеет свою специфику: это и форма объектов на снимках, и повышенное внимание к замкнутости контуров, а также неизбежность влияния искажающих факторов, таких как шумы, расфокусировка и прочие артефакты изображений. Для того чтобы максимально точно определить границы лица на изображении, необходимо выбрать наиболее оптимальный для этого метод выделения границ. Также следует определить оптимальные условия работы выбранного алгоритма на основе экспертной и статистической оценки.

Библиографические ссылки

1. *Detyniecki M.* Mathematical Aggregation Operators and their Application to Video Querying. Universite Curie. 2000. November.
2. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Электронная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://en.wikipedia.org>.

УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВИНТОВОГО МАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

И. М. Мотошин

(Екатеринбург, УрФУ, imotoshin@ya.ru)

Научный руководитель: аспирант кафедры РТС ИРИТ-РТФ УрФУ

Г. Ф. Захаркин

В [1] рассматривался вариант построения протяженного магнитометрического преобразователя (МП), который представляет собой двухлинейный контур, равномерно скручивающийся в винт вдоль оси у декартовой системы координат XYZ с продольным периодом (шагом), равным $2b$ (рис. 1). Малый поперечный размер винтовой структуры (ширина контура a) позволяет считать преобразователь однолинейным. Такой МП характеризуется простотой конструкции и технологии изготовления, малыми стоимостью и весом. В качестве объекта обнаружения рассматривался нарушитель с ферромагнитным предметом (оружие, снаряжение и пр.), который в первом приближении отождествлялся магнитным диполем M , коллинеарно перемещающимся на высоте h с равномерной скоростью V , перпендикулярно оси МП. Объектами обнаружения (ОО) – нарушителями – являются транспортные средства и техника, а также люди, имеющие при себе оружие (нож, пистолет, автомат), ручной инструмент (пассатижи, кусачки и т. д.).

В [2] была предложена обобщенная модель сигналаобразования, позволяющая осуществлять численный расчет напряжения